

[島根県立大学短期大学部松江キャンパス研究紀要 Vol. 53 11 ~ 15 (2015)]

均質化がカキ‘西条’熟柿ピューレの物性に及ぼす影響

赤 浦 和 之
(健康栄養学科)

Effect of Homogenization on Physical Property in Soft-ripened ‘Saijo’ Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.)
Puree

Kazuyuki AKAURA

キーワード：エチレン処理 ethylene treatment
均質化 homogenization
西条 Saijo, 熟柿 soft-ripened persimmon
ピューレ puree

1. はじめに

山陰両県を主産地とするカキ‘西条’は、そのほとんどがさわし柿や干し柿、あんぼ柿として食されている。しかし、干し柿やあんぼ柿は好む年代層は限られているうえに、地方での人口減少にともなって今後‘西条’全体の消費が落ち込むことが危惧される。‘西条’の消費減少を阻止し、より広い年代層の人々への消費拡大を図るには、カキの新しい食べ方を見いだすことが有効であると思われる。赤浦¹⁾はカキの新しい食べ方の一つとして熟柿というスタイルを提案し、品質がそろった‘西条’熟柿を安定的に大量生産し品質管理を行う技術を開発した。また、‘西条’熟柿を原料として熟柿ピューレを生産する技術の開発も行っている²⁾。

現在島根県ではカキ‘西条’熟柿から生産した熟柿ピューレを利用した食品の開発が積極的に行われており、ピューレを原材料に用いた果汁飲料がすでに商品化されている。多様な種類のピューレ利用食品が受け入れられて消費が増大すれば、その原材料の

熟柿ピューレおよび熟柿の需要が高まり、‘西条’果実生産の振興に結びつくものと期待される。

McGee³⁾は、熟して軟化したカキ（品種不明であるが蜂屋の熟柿と推測される：筆者）の果肉をミキサーで高速攪拌したところ、カキのピューレは非常にとろみが増加し、濃厚なミルクセーキのような性状に変化したと述べている。この物性変化と同様な現象が冷凍保存し解凍した‘西条’熟柿ピューレでも起こるなら、従来にはない食品の開発にも利用できるのではないかと考え、ピューレの物性に及ぼす攪拌、すなわちホモジナイザーによる均質化条件の影響を明らかにすることを目的として実験を行った。

2. 材料および方法

カキ‘西条’果実は松江市のカキ園で10月下旬から11月上旬にかけて収穫した。果実は8個ずつ厚さ0.08mmのポリエチレン袋に密封し、0℃のインキュベーター内で貯蔵した。貯蔵4週間の果実をポリエチレン袋から取り出し、室温21±1℃の部屋内で約

6時間静置し果実温度を20℃まで上昇させた。

果実のエチレン処理およびそれに続く熟柿化処理は赤浦¹⁾の方法を用いて行った。ランダムに選んだ12果をポリカーボネート製のコンテナ（容量12L）に入れて密封し、インキュベーター内20℃条件下濃度100ppmで48時間エチレン処理を行った。エチレン処理終了後、果実は6個ずつステンレスコンテナに入れて有孔ポリエチレン製のフタをし、4日間20℃のインキュベーター内で貯蔵し熟柿化を行った。

熟柿ピューレは、赤浦⁴⁾の方法を用いて調製した。ヘタとその周囲の果肉の一部を切除した熟柿果実を縦半分にカットし、カットした果実から外果皮を取り除き、さらに果肉を中果皮と内果皮に分離した。中果皮はそのまゝの状態、内果皮は種子を取り除き、ホモジナイザー（エクセルオート 12000rpmで2分）で粉碎したものを、それぞれ中果皮ピューレおよび内果皮ピューレとした。それぞれのピューレは一定量をフリーザーバッグに分注し、-30℃以下で冷凍保存した。なお、中果皮および内果皮ピューレのBrixは、それぞれ17.0と16.0であった。

冷凍熟柿ピューレは、24℃のインキュベーター庫内で解凍後、50gを処理容量100mLのステンレスカップに入れて、幾つかの回転速度および時間条件を設定してホモジナイザー（エクセルオート）を用いて均質化を行った。均質化中のピューレ温度の上昇を抑制するため、ステンレスカップは水温を23～25℃に維持した水槽の中心部にセットした。均質化したピューレはカップ中で薬匙を用いて十分にかき混ぜた後、ステンレス製シャーレ（内径49.0mm、深さ14.5mm）にすり切りになるよう満たした。シャーレは24℃に設定した恒温容器内で一定時間静置し、恒温容器から取り出した後できるだけ速やかに物性の測定を行った。試料の均質化は全て3反復で行った。

物性の測定にはレオメーター（HUDOH NRM-2010J-CW）を使用し、平円盤型プランジャー（直径30mm、厚さ3mm）を用いてクロスヘッド速度30cm/minでピューレ表面に貫入させた。レオメーター出力のアナログデータはA/Dコンバーターを通してパ

ソコンに取り込み、最初のピーク値を破断応力とした。ピューレ解凍から物性測定までは室温23～25℃の条件下で行った。また、いずれのピューレでも、解凍直後の性状は濃厚ソースのようで流動性が見られ、12時間以上静置しても水分の分離は認められなかった。

実験1. 均質化後の静置時間がピューレの物性に及ぼす影響

ホモジナイザーの回転速度を毎分15000回転、処理時間を3分として均質化を行った。一定量の均質化したピューレをステンレスシャーレに満たした後、24℃恒温容器内に10、20および30分間静置し物性を測定した。この実験では、均質化直後および物性測定直後にピューレ温度も測定した。ピューレ温度の測定には、デジタル温度計（YOKOGAWA TX-10）を使用し、注射針型センサープローブ（φ1.6×100mm）を用いた。

実験2. 均質化時間がピューレの物性に及ぼす影響

ホモジナイザーの回転速度を毎分15000回転とし、処理時間を1、2および3分として均質化を行った。一定量の均質化したピューレをステンレスシャーレに満たした後、24℃恒温容器内で30分間静置し物性を測定した。

実験3. カッター刃の回転速度がピューレの物性に及ぼす影響

カッター刃の回転速度を毎分3000、5000、10000および15000回転とし、処理時間を3分として均質化を行った。一定量の均質化したピューレをステンレスシャーレに満たした後、24℃恒温容器内で30分間静置し物性を測定した。

3. 結果

実験1. 均質化後の静置時間がピューレの物性に及ぼす影響

中果皮ピューレでは、24℃で10分静置後の破断応力は、 6.19×10^3 dyne/cm²（以下、 $\times 10^3$ dyne/cm²を省略）で、増加は10分から20分では0.24、20分から30分では0.10とわずかであった（図1）。内果皮ピューレでは、10分静置後の破断応力は、28.67で、10分か

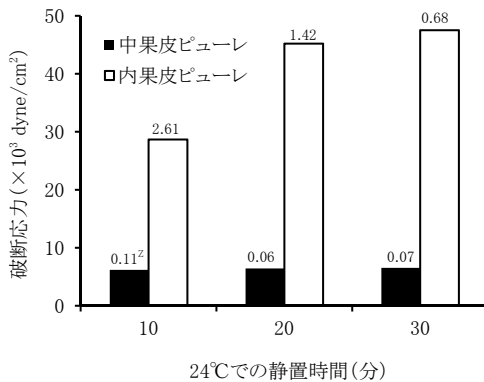


図1 均質化後の静置時間がピューレの物性に及ぼす影響

均質化は、毎分15000回転で3分間行った

Z：数値は標準誤差 n=3

ら20分では増加は16.53と大きく、20分から30分では増加は2.32であった。

均質化直後および物性測定直後のピューレ温度を表1に示した。中果皮ピューレでは、均質化直後(0分)の温度は26.5℃で、静置時間が10, 20, 30分と延びるにしたがい24.8, 24.0, 24.0℃に低下した。内果皮ピューレでは、均質化直後の温度は30.1℃で、静置時間が10, 20, 30分と延びるにしたがい25.5, 24.8, 24.5℃に低下した。

実験2. 均質化時間がピューレの物性に及ぼす影響

中果皮ピューレでは、無処理で3.31であった破断応力は1分間の均質化により5.93に増加した(図2)。2, 3分の均質化で破断応力は6.30, 6.53と増加したが、それらの増加はわずかであった。内果皮ピューレでは、無処理で3.04であった破断応力は1分間の均質化により9.86と大きく増加した。2,

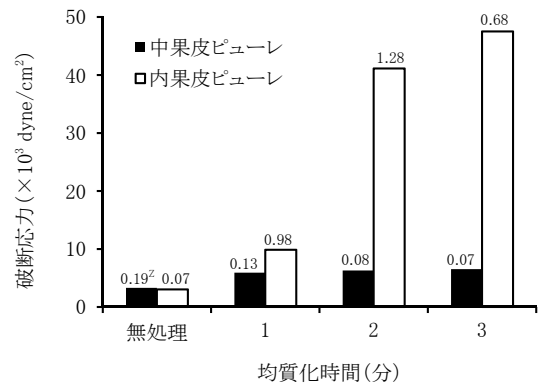


図2 均質化時間がピューレの物性に及ぼす影響 (毎分15000回転)

Z：数値は標準誤差 n=3

3分の均質化で破断応力はそれぞれ41.13, 47.52と1分の均質化に比べて著しく増加した。均質化時間の影響は特に内果皮ピューレで大きく、3分の均質化により破断応力は無処理の15.6倍、1分の4.8倍に増加した。

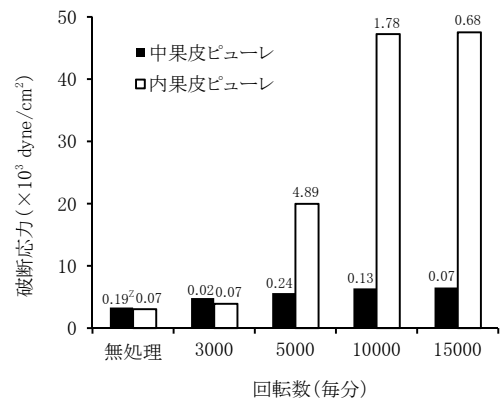


図3 カッター刃の回転速度がピューレの物性に及ぼす影響 (均質化時間3分)

Z：数値は標準誤差 n=3

表1 熟柿ピューレの均質化後の静置時間と温度

	24℃での静置時間(分)			
	0	10	20	30
中果皮ピューレ温度(℃)	26.5(0.00) ^Z	24.8(0.21)	24.0(0.00)	24.0(0.00)
内果皮ピューレ温度(℃)	30.1(0.62)	25.5(0.06)	24.8(0.03)	24.5(0.03)

Z：()内の数値は標準誤差 n=3

実験3. カッター刃の回転速度がピューレの物性に及ぼす影響

中果皮ピューレでは、無処理で3.31であった破断応力は毎分3000回転の均質化により4.83とわずかに増加した(図3)。なお、無処理のデータは実験2のものを用いた。毎分5000, 10000および15000回転の均質化で破断応力は5.64, 6.38, 6.53と増加したが、3000回転からの増加に比べると増加はわずかであった。内果皮ピューレでは、無処理で3.04であった破断応力は毎分3000回転の均質化により3.90とわずかに増加した。毎分5000, 10000および15000回転の均質化で破断応力は19.97, 47.23, 47.52と増加し、特に10000および15000回転では3000回転に比べて著しい増加が認められた。回転速度の影響は特に内果皮ピューレで大きく、15000回転の均質化により凝固ピューレの硬さは無処理および3000回転のそれぞれ15.6, 12.2倍に増加した。

4. 考察

均質化後の静置時間がピューレの物性に及ぼす影響は、中果皮と内果皮いずれのピューレでも認められ、静置時間が延びるにしたがい破断応力は増加した。静置時間の影響を10分から20分への破断応力の増加率で見ると、中果皮ピューレで1.04倍であったのに対し、内果皮で1.58倍と、中果皮ピューレに比べて大きく増加した。20分と30分では、増加率は中果皮と内果皮ピューレでそれぞれ1.04倍, 1.05倍とわずかであり、静置時間を20分からさらに10分延長することの影響は少ないと考えられた。一方、ピューレ温度は、中果皮および内果皮ピューレで、それぞれ20分では24.0, 24.8℃, 30分では24.0, 24.5℃となった。中果皮ピューレでは、20分で恒温装置の設定温度と同じ24.0℃になり、内果皮ピューレでは、30分で設定温度よりわずかに高い24.5℃になった。破断応力とピューレ温度を考慮して、均質化後の静置時間は20または30分が適当と思われるが、一連の実験操作における待ち時間の都合から、本研究では均質化後の静置時間を30分とすることにした。

設定した均質化時間のうち最大の破断応力が得られたのは、中果皮と内果皮いずれのピューレでも3

分の処理であった。また、均質化による破断応力の明らかな増加が認められたのは、特に内果皮ピューレで2および3分の処理を行ったものであった。1分の均質化時間では破断応力の大きな増加は見られなかったのは、1分間の均質化ではピューレの中に均質化が十分な部分と十分でない部分が混在しており、破断応力はピューレ全体では低い値となったからではないだろうか。また、2分以上で破断応力が大きく増加したのは、ピューレの大部分が均質化されたことによると推察された。ピューレの物性を顕著に変化させるには均質化時間は3分が適当と判断した。

カッター刃の毎分3000回転での均質化は、中果皮と内果皮ピューレの破断応力を大きく増加させるには不十分であった。ピューレの物性を著しく変化させるには、毎分10000回転以上の回転速度が必要になることが明らかになった。多く家庭用のミキサーでこの回転速度が得られるので、熟柿ピューレまたは熟柿果肉の物性の変化を利用した調理は家庭でも容易にできると思われる。MaGee³⁾も高速回転の効果を認めており、熟柿果肉はミキサーによる高速攪拌により著しく濃厚になるが、手回しのミキサーではあまり効果はないだろうと述べている。

カッター刃を高速回転させて組織を破碎するタイプのホモジナイザーを用いての均質化では、熟柿果実の果肉組織はカッター刃により細かく破碎されることが考えられる。均質化の過程で、破碎された組織細片どうしが激しく衝突しピューレの凝固が起こった結果、破断応力の増加という物性の変化が起きたものと推察される。カッター刃の回転が高速化するとともに刃の回転運動のエネルギーが増加し、果肉組織とカッター刃およびカップ内壁との衝突により細片どうしのより強い衝突が生まれると思われる。ピューレの強い凝固を引き起こす回転速度の分かれ目が本実験の条件では毎分10000回転であったと考えられる。

均質化による熟柿ピューレの凝固に関与すると考えられる他の要因として、ピューレに含まれる細胞壁構成多糖類およびタンニンなどの化学成分があげられる。カキ果実の軟化にともない、ペクチンの可

溶化やヘミセルロースの分解が起こることが示されている⁵⁻⁸⁾。本実験で用いた熟柿は非常に軟化が進んだ状態のものであり、そのピューレにも軟化の過程で分解されて可溶化した細胞壁構成糖類が含まれていると推察される。予備的な実験において筆者は両方の熟柿ピューレに温水(40℃)可溶性ペクチンが含まれることを認めている(データ省略)。

ほとんどの場合において均質化ピューレの破断応力が中果皮ピューレよりも内果皮ピューレでかなり大きかった理由の一つとして、内果皮ピューレで内果皮細片どうしのより強い衝突が起こったためと考えた。内果皮はカットした熟柿果実からピンセットで組織全体を壊さずに容易に取り出すことができる。一方、中果皮はたいへん壊れやすく、組織を塊としてピンセットでつまみ上げるのは極めて困難である。このことは、内果皮が中果皮に比べて壊れにくいことを示す。均質化直後の内果皮ピューレの温度が中果皮よりも高かったのも、壊れにくい内果皮細片とカッター刃や細片どうしで強い衝突が生じ、より多くの熱が発生した結果ではないだろうか。均質化ピューレの物性変化には、細片どうしの衝突という物理的な要因だけでなく化学成分も関与するなら、内果皮と中果皮に含まれる化学成分の質や量の違いも、それぞれの均質化ピューレの物性の違いに表れると考えられる。今後これらの化学成分についても検討する必要があると思われる。

5. 要約

カキ'西条'熟柿ピューレの物性に及ぼす均質化条件の影響を明らかにすることを目的として実験を行った。ピューレは熟柿果肉の中果皮および内果皮から別々に調製し、冷凍保存し解凍したそれぞれのピューレについて、ホモジナイザーによる均質化条件の影響を調査した。均質化後の静置時間10, 20および30分では、いずれのピューレでも破断応力は30分で最大になった。均質化時間1, 2および3分では、いずれのピューレでも破断応力は増加したが、特に内果皮ピューレでは2および3分で著しく増加

した。回転速度毎分3000, 5000, 10000および15000回転では、いずれのピューレでも速度の増加にともない破断応力は増加したが、特に内果皮ピューレでは10000および15000回転で著しい増加が認められた。均質化によりピューレの破断応力が増加したのは、果肉組織細片が衝突することによってピューレの凝固が起こったためと考えられた。ピューレの破断応力が中果皮ピューレよりも内果皮ピューレで大きかった原因として、内果皮ピューレで細片のより強い衝突が起こったからと推察された。

6. 文献

- 1) 赤浦和之：カキ'西条'熟柿の生産および品質管理に関する研究. 日食保蔵誌, 38, 177-183 (2012)
- 2) 赤浦和之：'カキ'西条未利用果実を用いた熟柿ピューレの生産. 島根県立大短期大学部研究紀要, 52, 1-6 (2014)
- 3) McGee, H : The curious cook : more kitchen science and lore. Wiley Publishing, Inc. 147-150 (1990)
- 4) 赤浦和之・福岡博義：カキ'西条'熟柿生産における温度管理の重要性. しまね地域共生センター紀要, 1, 1-6 (2014)
- 5) 板村裕之：カキ果実の成熟および脱渋後の軟化に関する研究. 日食保蔵誌, 32, 81-88 (2006)
- 6) 平 智・杉浦 明・久保康隆・苔名 孝：CaCl₂処理がカキ'平核無'果実の脱渋後の変質に及ぼす影響. 山形大学紀要(農学), 10, 115-120 (1986)
- 7) 石丸 恵・茶珍和雄・和田安規・上田悦範：脱渋方法の異なるカキ'平核無'果実のペクチン質およびヘミセルロースの変化と軟化の関係. 日食保蔵誌, 27, 197-204 (2001)
- 8) 許 昌国・中務 明・加納弘光・板村裕之：カキ'西条'果実の急速な軟化に伴うエチレン生成と細胞壁分解酵素活性の変化. 園学雑, 72, 460-460 (2001)

(受稿 平成26年12月8日, 受理 平成26年12月15日)

